

ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ НА ВИРТУАЛЬНОМ СИМУЛЯТОРЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Бабин В. Всеволод Сергеевич, Ипатов В. Виктор Владимирович, Железняк И. Игорь Сергеевич,
Латышева А. Анастасия Яковлевна, Романов Г. Геннадий Геннадиевич

Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

ORCID: Бабин В.С. 0000-0001-9145-2181
ORCID: Ипатов В. В. 0000-0002-9799-4616
ORCID: Железняк И. С. 0000-0001-7383-512X
ORCID: Латышева А. Я. 0000-0003-3677-8765
ORCID: Романов Г. Г. 0000-0001-5987-8158

mogidin@mail.ru

DOI: 10.46594/2687-0037_2025_1_1981

Аннотация. В статье рассматривается вопрос оценки эффективности обучения на ультразвуковом симуляторе «Ваймедикс» медицинскими специалистами с целью приобретения практического опыта надлежащего уровня до начала взаимодействия с пациентом. Проанализированы результаты обучения 54 медицинских специалистов, проходивших обучение на цикле профессиональной переподготовки и не владевших практическими навыками врача-специалиста ультразвуковой диагностики. После завершения практического занятия обучающийся демонстрировал практические навыки при обследовании пациента под руководством преподавателя, затем проходил курс симуляционного обучения и повторно демонстрировал практические навыки. Заключительный контроль проводился преподавателем по окончании двухмесячной аудиторной подготовки. Анализ оценки овладения практическими навыками по завершении обучения на виртуальном симуляторе показал значительное улучшение овладения практическими навыками и их демонстрации.

Ключевые слова: симуляционное обучение, медицинское образование, оценка знаний, оценка навыков, симулятор «Ваймедикс», ультразвуковая диагностика, медицинские специалисты.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бабин В. С., Ипатов В. В., Железняк И. С., Латышева А. Я., Романов Г. Г. Опыт обучения медицинских специалистов на виртуальном симуляторе ультразвуковой диагностики // Виртуальные технологии в медицине. 2025.

№ 1. DOI: 10.46594/2687-0037_2025_1_1981

Научная специальность: 3.2.3. Общественное здоровье и организация здравоохранения, социология и история медицины; 3.1.25. Лучевая диагностика.

Поступила в редакцию 28 октября 2024 г.

Поступила после рецензирования 13 декабря 2024 г.

Принята к публикации 13 января 2025 г.

THE EXPERIENCE OF TRAINING MEDICAL SPECIALISTS ON A VIRTUAL SIMULATOR OF ULTRASOUND DIAGNOSTICS

Babirin Vsevolod, Ipatov Victor, Zheleznyak Igor, Latysheva Anastasia, Romanov Gennadiy

S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

mogidin@mail.ru

DOI: 10.46594/2687-0037_2025_1_1981

Annotation. The article considers the issue of evaluating the effectiveness of training on Vimedix ultrasound simulator by medical specialists in order to acquire practical experience of an appropriate level before interacting with a patient. The results of the training of 54 medical specialists who were trained in the cycle of professional retraining and did not possess the practical skills of an ultrasound diagnostics specialist are analyzed. After completing the practical lesson, the student demonstrated practical skills during the examination of the patient under the guidance of a teacher, then took a simulation training course and repeatedly demonstrated practical skills. The final control is carried out by the teacher at the end of two months of classroom training. An analysis of the assessment of practical skills acquisition upon completion of training on a virtual simulator showed a significant improvement in the acquisition of practical skills and their demonstration.

Keywords: simulation training, medical education, knowledge assessment, skills assessment, Vimedix simulator, ultrasound diagnostics, medical specialists.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For quotation: Babirin V., Ipatov V., Zheleznyak I., Latysheva A., Romanov G. The Experience of Training Medical Specialists on a Virtual Simulator of Ultrasound Diagnostics // Virtual Technologies in Medicine. 2025. No. 1. DOI: 10.46594/2687-0037_2025_1_1981

Received October 28, 2024

Revised December 13, 2024

Accepted January 13, 2025

Введение

Ультразвуковая диагностика в настоящее время широко используется практически во всех специальностях медицины. Однако для ее освоения, наряду с хорошими теоретическими знаниями (в частности анатомии нормальной, топографической, патологической), требуется серьезная отработка навыков исследования, координации движения датчика с изображением на мониторе, правильная интерпретация изображения. Опыт адекватного исследования, высокие профессиональные навыки достигаются благодаря многократному, длительному тренингу, что не всегда возможно, когда объектом обучения является пациент [7].

В связи с этим актуальной задачей высшей медицинской школы является разработка современных, более эффективных методов подготовки будущих специалистов и внедрение объективных способов оценки знаний и качества освоения практических навыков обучающимися. Серьезным подспорьем в освоении навыков ультразвуковой диагностики (далее — УЗИ) становится симуляционное обучение [5; 11].

Отличие симуляционного обучения от традиционного состоит в том, что прежде, чем коснуться пациента, выполнить ему манипуляцию, студенту необходимо пройти предварительную доклиническую подготовку на симуляторе, подтвердить право работать с пациентом в клинике, доказать безопасность его дальнейшего обучения на больном. Это касается и врачей — им предлагается пройти предварительную подготовку по выполнению манипуляции для получения допуска к пациенту. Доклиническая часть становится четко структурированной и ориентированной на результат. Под термином «результат» понимается приобретение практического опыта должного уровня еще до начала работы с пациентом [6; 9; 10]. Подобную возможность дает симуляционное обучение, позволяющее приобрести «Реальный опыт в виртуальной среде» [8].

«Ваймедикс» — это виртуальный симулятор, облегчающий процесс обучения ультразвуковым исследованиям сердца, легких, органов брюшной полости и акушерско-гинекологического обследования на одной общей платформе. Благодаря программному обеспечению и системе на основе манекенов в реальном времени «Ваймедикс» ускоряет развитие основных психомоторных и когнитивных навыков для работы

с ультразвуковыми датчиками, интерпретации изображений, диагностики и принятия клинических решений.

Цель исследования: продемонстрировать опыт подготовки медицинских специалистов по специальности «Ультразвуковая диагностика» с применением виртуального ультразвукового симулятора «Ваймедикс».

Материалы и методы

Нами были проанализированы результаты обучения 54 медицинских специалистов, проходивших обучение на цикле профессиональной переподготовки «Ультразвуковая диагностика» объемом 504 часа за период 2022–2024 гг., ранее не имевших опыта работы и не владевших практическими навыками врача-специалиста ультразвуковой диагностики. В ходе обучения проводились практические занятия с демонстрацией практических навыков в кабинетах ультразвуковой диагностики клиник академии под руководством преподавателя и симуляционные занятия на виртуальном симуляторе ультразвуковой диагностики «Ваймедикс» (Vimedix™, CAE Healthcare Inc), состоящем из резинового манекена (рис. 1), содержащего электромагнитный излучатель, пластиковые датчики (рис. 2), компьютер и монитор, на котором выводятся задания для отработки практических навыков (рис. 3). Положение и ориентация зонда определяются излучателем и обрабатываются компьютером, который отображает соответствующий анатомический и ультразвуковой вид. «Ваймедикс» имеет три базовых модуля: Vimedix Cardiac, Vimedix Abdo и Vimedix Ob/Gyn. Он оборудован двумя дисплеями: дисплей дополненной реальности (AR) и ультразвуковой дисплей. Модули поддерживают симуляцию трансторакальной эхокардиографии (ТТЭ), чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭ), общего УЗИ брюшной полости, УЗИ легких, акушерского и гинекологического УЗИ.

Симуляционное обучение проводилось по модулям «Ультразвуковая диагностика заболеваний органов брюшной полости, селезенки и поджелудочной железы», «Ультразвуковые исследования в диагностике заболеваний мочевыделительной и мужской репродуктивной систем», «Ультразвуковые исследования в диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы», «Ультразвуковые исследования в диагностике беременности и ее патологии», «Ультразвуковые исследования в диагностике заболеваний органов



а)



б)

Рис. 1. Манекены для ультразвукового симулятора «Ваймедикс»: а) мужская модель, б) женская модель



а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Датчики, применяемые в ходе симуляционного обучения: а) конвексный датчик, б) трансторакальный эхокардиографический датчик, в) чреспищеводный эхокардиографический датчик, г) имитатор трансвагинального датчика

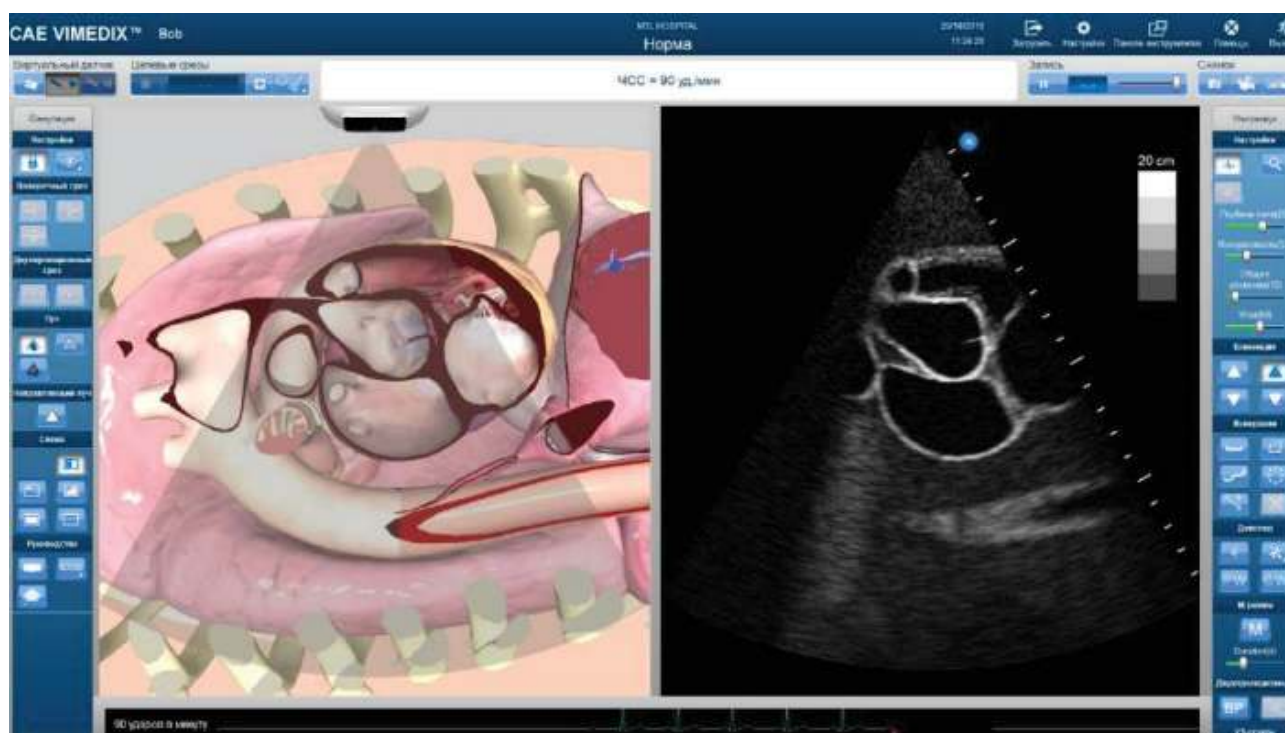


Рис. 3. Интерфейс симулятора «Ваймедикс»

женской репродуктивной системы». Общее время освоения каждого модуля составляло по 4 часа на обучающегося. По завершении практического занятия по соответствующей теме, но до того, как приступить к работе на симуляторе, обучающийся демонстрировал практические навыки при обследовании пациента в кабинете ультразвуковой диагностики под руководством преподавателя, которые оценивались по критериям, представленным в таблице 1. После

прохождения симуляционного обучения слушатель повторно под руководством преподавателя демонстрировал практические навыки с их последующим оцениванием. Заключительный контроль проводился при первичном самостоятельном обследовании пациента под наблюдением преподавателя без руководства в рамках прохождения производственной практики по окончании двухмесячной аудиторной подготовки.

Таблица 1

Критерии оценивания овладения практическими навыками при проведении ультразвукового исследования

Критерии оценивания	Оценочные баллы и параметры их выставления			
	3	2	1	0
I Знание стандартных доступов и позиций датчика для конкретного органа	Сразу выбирает нужную плоскость сканирования, владеет всеми положенными доступами, распознает соседние органы	Выбирает нужную плоскость сканирования, однако не распознает все соседние органы либо не использует все положенные доступы	Плохо ориентируется в плоскостях сканирования, выполняет необходимые доступы и узнает соседние органы лишь под руководством преподавателя	Не способен сориентироваться в плоскостях сканирования как самостоятельно, так и под руководством преподавателя
II Ориентация датчика для конкретного органа	Правильная во всех плоскостях	В целом правильная, однако имелись замечания преподавателя	Правильно ориентировал датчик только под руководством преподавателя	Не мог правильно сориентировать датчик, несмотря на указания преподавателя
III Ориентировка в ультразвуковом изображении	Правильно понимает ориентацию ультразвукового изображения в соответствии с положением датчика	Понимает ориентацию ультразвукового изображения, однако испытывает отдельные затруднения при определении правой/левой сторон или верха/низа	Испытывает затруднения с определением правой и левой сторон и верха/низа, однако может сориентироваться после указаний преподавателя	Не может сориентироваться как самостоятельно, так и под руководством преподавателя
IV Качество получаемого изображения	Четкая визуализация как самого органа, так и прилежащих структур в стандартных плоскостях сканирования, выполненная самостоятельно	Нечеткая визуализация самого органа или прилежащих структур в стандартных плоскостях сканирования, однако все органы визуализированы полностью	Органы и прилежащие структуры визуализированы фрагментарно, способен полностью вывести на экран только под руководством преподавателя	Не способен получить качественное изображение как самостоятельно, так и под руководством преподавателя
V Соблюдение систематической последовательности сканирования для достижения полноты визуализации	Соблюдает полностью, самостоятельно, указаний преподавателя не требуется	Соблюдает, однако испытывает затруднения на отдельных этапах, исправляет под руководством преподавателя	Соблюдает, однако только под руководством преподавателя	Не способен соблюдать ни самостоятельно, ни под руководством преподавателя
VI Использование надлежащих методик при обследовании конкретного органа	Использует все режимы: В-, М-, доплерографию	Владеет В-режимом, испытывает отдельные затруднения при доплерографии и в М-режиме, требуются советы преподавателя	Владеет В-режимом; доплерографию и М-режим выполняет только под руководством преподавателя	С трудом владеет/не владеет В-режимом, не может выполнить иные ультразвуковые методики даже под руководством преподавателя

Критерии окончательной оценки:

15–18 баллов — отлично

10–14 баллов — хорошо

6–9 баллов — удовлетворительно

0–5 баллов — неудовлетворительно

Результаты и обсуждение

В ходе анализа первичной оценки владения практическими навыками непосредственно после завершения практического занятия, но до проведения симуляци-

онного обучения, а также при определении основных затруднений обучающихся, впервые осваивающих дисциплину «Ультразвуковая диагностика», были получены следующие результаты (табл. 2):

Таблица 2

Результаты первичной оценки владения практическими навыками обучающихся на цикле профессиональной подготовки до прохождения симуляционного обучения

Распределение баллов при первичной оценке владения практическими навыками (число обучающихся)						
Баллы	Критерии оценивания					
	I	II	III	IV	V	VI
3 балла	12	10	10	2	19	6
2 балла	26	28	32	23	29	30
1 балл	16	14	11	26	6	18
0 баллов	0	2	1	3	0	0
Распределение средних баллов при первичной оценке владения практическими навыками соответственно критериям						
I	II	III	IV	V	VI	Общий средний балл
1,93 ± 0,69	1,85 ± 0,76	1,94 ± 0,68	1,44 ± 0,66	2,24 ± 0,64	1,78 ± 0,63	11,19 ± 2,98
Распределение итоговых оценок обучающихся и диапазон итоговых баллов						
Оценка	Отлично		Хорошо		Удовлетворительно	
Число обучающихся	8 (14,8%)		29 (53,7%)		17 (31,5%)	
Диапазон баллов	15–16		10–14		6–9	

Анализ полученных нами результатов показал, что обучающиеся, не имевшие ранее опыта работы на аппарате ультразвуковой диагностики и не владеющие практическими навыками, в процессе обучения сталкиваются с определенными трудностями [3]. Наиболее сложным для обучающихся является получение четкого и качественного изображения. Это обусловлено тем, что ультразвуковой метод является операторо- и аппаратозависимым, а также чувствителен к индивидуальным особенностям пациента. Таким образом, качество изображения зависит не только от соблюдения систематической последовательности (с чем обучающиеся испытывали наименьшие сложности), но и с пониманием ориентации и пространственного положения непосредственно самого изображения, а также визуализации и дифференцировки как исследуемого органа, так и прилежащих к нему структур. Это подтверждается тем фактом, что ни один из обучающихся при демонстрации практических навыков не сумел полностью выполнить все необходимые требования с набором максимально возможных 18 баллов. Следует отметить, что соблюдение методик ультразвукового исследования и выполнение правильных манипуляций врача-специалиста ультразвуковой диагностики во многом позволили обучающимся повысить итоговую оценку. Тем не менее привитие практических навыков по проведению манипуляций и получению диагностически информативных изображений для начинающего специалиста без соответствующей практики весьма затруднительно, а в некоторых случаях невозможно.

Анализ оценки овладения практическими навыками непосредственно по завершении обучения на виртуальном ультразвуковом симуляторе показал следующие результаты (табл. 3).

Представленные результаты показывают значительное улучшение овладения практическими навыками и их демонстрации. Следует отметить, что немаловажным аспектом обучения манипуляциям, необходимым для получения качественных ультразвуковых изображений, является постоянная практика, поскольку врач-специалист ультразвуковой диагностики должен развить в себе не только визуальное восприятие и аналитическое мышление, но и определенную последовательность механических действий. По итогам симуляционного обучения мы обнаружили, что значительное число обучающихся смогли усовершенствовать как знания стандартных доступов для различных органов, так и ориентировать датчик в пространстве, понимать особенности ориентировки ультразвуковых изображений, лучше запоминать систематическую последовательность действий, применять правильные методики ультразвукового сканирования и получать качественные и четкие изображения. Лишь 2 из 54 обучающихся (3,7%) по окончании обучения по-прежнему испытывали трудности по критерию качества изображений, при этом один из них изначально вообще не был способен получить информативную картину (0 баллов за критерий); 27 обучающихся (50%) повысили свою оценку по данному критерию на 1 балл; 5 человек (9,3%) — на два балла; 1 (1,9%) — на 3 балла; у остальных качество полученных изображений осталось на прежнем уровне. При этом у 2 из них (3,7%) оно изначально соответствовало 3 баллам, у 17 (31,5%) — 2 баллам и только у одного — на уровне 1 балла.

Полученные данные свидетельствуют о том, что первично низкие результаты были вызваны отсутствием практического опыта и невозможностью развивать манипуляционные навыки без его получения,

Таблица 3

Результаты повторной оценки владения практическими навыками обучающихся на цикле профессиональной подготовки «Ультразвуковая диагностика» непосредственно после прохождения симуляционного обучения

Распределение баллов при повторной оценке владения практическими навыками после прохождения симуляционного обучения (число обучающихся)						
Баллы	Критерии оценивания					
	I	II	III	IV	V	VI
3 балла	37	30	30	15	40	32
2 балла	17	24	24	37	14	22
1 балл	0	0	0	2	0	0
0 баллов	0	0	0	0	0	0
Распределение средних баллов при первичной оценке владения практическими навыками соответственно критериям						
I	II	III	IV	V	VI	Общий средний балл
2,69 ± 0,47	2,56 ± 0,50	2,56 ± 0,50	2,24 ± 0,51	2,74 ± 0,44	2,59 ± 0,49	15,37 ± 2,10
Распределение итоговых оценок обучающихся и диапазон итоговых баллов						
Оценка	Отлично			Хорошо		
Число обучающихся	37 (68,5%)			17 (31,5%)		
Диапазон баллов	15–8			11–14		

которое стало возможным посредством обучения на симуляторе. В особенности это касается модуля «Ультразвуковые исследования в диагностике беременности и ее патологии», «Ультразвуковые исследования в диагностике заболеваний органов женской репродуктивной системы», непосредственно связанного с использованием вагинального датчика и этическими и организационными сложностями в получении соответствующего опыта в клинике [2].

В таблице 4 представлены заключительные результаты освоения обучающимися практических навыков врача-специалиста ультразвуковой диагностики при первичном самостоятельном обследовании пациента под наблюдением преподавателя без руководства в рамках прохождения производственной практики по окончании двухмесячной аудиторной подготовки.

Таблица 4

Результаты заключительной оценки освоения обучающимися практических навыков врача-специалиста ультразвуковой диагностики при первичном самостоятельном обследовании пациента

Распределение баллов при повторной оценке владения практическими навыками после прохождения симуляционного обучения (число обучающихся)						
Баллы	Критерии оценивания					
	I	II	III	IV	V	VI
3 балла	31	48	53	34	30	54
2 балла	24	6	1	20	24	0
1 балл	0	0	0	0	0	0
0 баллов	0	0	0	0	0	0
Распределение средних баллов при первичной оценке владения практическими навыками соответственно критериям						
I	II	III	IV	V	VI	Общий средний балл
2,57 ± 0,50	2,89 ± 0,32	2,98 ± 0,14	2,63 ± 0,49	2,55 ± 0,50	3,00 ± 0,00	16,63 ± 1,40
Распределение итоговых оценок обучающихся и диапазон итоговых баллов						
Оценка	Отлично			Хорошо		
Число обучающихся	51 (94,4%)			3 (5,6%)		
Диапазон баллов	15–18			14		

Полученные результаты показали некоторое снижение оценочных баллов по критериям «Знание стандартных доступов для конкретного органа» и «Соблюдение систематической последовательности сканирования для достижения полноты визуализации», в то время как баллы по остальным критериям повысились. Это можно объяснить тем, что данные критерии являются наиболее субъективными для самих обучающихся, и первое самостоятельное выполнение ультразвукового исследования без руководства преподавателя, лишь под его наблюдением является определенным стрессовым фактором. Вполне допустимо, что в таком случае обучающийся может перепутать определенный порядок действий, либо не применить какой-то отдельный доступ [3].

Тем не менее обучающиеся не делали ошибок и практически не допускали недочетов при определении ориентации датчика и сторон изображения. Также в целом повышалось качество самих полученных изображений по сравнению с предыдущими этапами оценивания. Особо стоит выделить критерий «Использование надлежащих методов при обследовании конкретного органа», свидетельствующий о том, что все обучающиеся полностью освоили правильное выполнение режимов ультразвукового исследования. Это особо выделяется по сравнению с первичной оценкой демонстрации навыка.

Таким образом, при первичной профессиональной подготовке медицинских специалистов по ультразвуковой диагностике, не имевших ранее опыта работы в этой специальности и не владевших соответствующими практическими навыками, обучение на ультразвуковом симуляторе позволило значительно улучшить результаты овладения ими. Разумеется, некорректно утверждать, что единственное значение имело именно симуляционное обучение [4]. Немалую роль играют мотивация слушателя, целеустремленность, общий уровень знаний и теоретическая база. Тем не менее на основании лишь этого невозможно обучить полноценного специалиста ультразвуковой диагностики, если не будут развиты надлежащие мануальные навыки и восприятие ультразвуковой картины, доведен до автоматизма стандартный порядок действий и отработан алгоритм получения качественных изображений. Как уже говорилось, достигнуть этих целей можно, лишь непрерывно практикуясь на конкретном объекте исследования. Благодаря ультразвуковому симулятору возможно также определить критерии допуска обучающегося к непосредственной работе с пациентом.

В нашей статье мы не анализировали подробно образом роль виртуального симулятора ультразвуковой диагностики «Ваймедикс» в обучении ультразвуковой семиотике различных патологий, а ограничились лишь аспектом оценки практических навыков. Тем не менее наш опыт показывает, что, пройдя симуляционный цикл, обучающиеся в целом повышают свой уровень знаний в данном направлении и легче распознают патологии при самостоятельной работе

в клиниках в рамках производственной практики [1]. Считаем нужным подчеркнуть, что определенные модули («Ультразвуковые исследования в диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы» в аспекте эхокардиографии и «Ультразвуковые исследования в диагностике беременности и ее патологии», «Ультразвуковые исследования в диагностике заболеваний органов женской репродуктивной системы») являются достаточно специфическими и доступны к изучению не во всех клиниках и не во всех методологических аспектах, а отработка практических навыков и диагностика различных патологий без симуляционного обучения могут оказаться невозможными в рамках производственной практики в ходе профессиональной подготовки врача-специалиста ультразвуковой диагностики.

Заключение

В настоящее время возрастает роль симуляционных технологий в теоретическом и практическом обучении врачей-специалистов различной направленности. Это касается, в частности, подготовки кадров по дисциплине «Ультразвуковая диагностика» ввиду специфики данного метода медицинской визуализации. Наш опыт применения данной формы обучения с использованием ультразвукового симулятора «Ваймедикс» показал, что слушатели, не имевшие ранее опыта работы и не владеющие практическими навыками по специальности «Ультразвуковая диагностика» сталкиваются со значительными трудностями, нерешаемыми в ходе аудиторных занятий. При этом обращает на себя внимание значительное улучшение овладения практическими навыками после практических занятий на симуляционном оборудовании. Таким образом, мы считаем, что внедрение симуляционного обучения значительно повышает эффективность учебного процесса и качество подготовки медицинских специалистов.

Вклад авторов

- В. С. Бабин, В. В. Ипатов и А. Я. Латышева разработали концепцию и дизайн исследования.
- В. С. Бабин, В. В. Ипатов и А. Я. Латышева проводили сбор, анализ и интерпретацию данных.
- В. С. Бабин и В. В. Ипатов выполняли статистическую обработку данных.
- И. С. Железняк и Г. Г. Романов осуществляли критическую доработку рукописи.

Все авторы принимали участие в составлении текста рукописи.

Все авторы утвердили окончательную версию статьи.

Литература

1. Алексеенко С. Н., Гайворонская Т. В., Дробот Н. Н. Симуляционные технологии в системе образовательного процесса медицинского вуза // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 5. С. 4.
2. Гаврилова Д. В., Сизов Ю. С. Симуляционные технологии в медицине и образовании // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2019. Т. 9, № 10. С. 427.

3. Махонин Д. А., Лопатин З. В., Трегубова Е. С. Симуляционные технологии в современной парадигме медицинского образования: от общих принципов к использованию в преподавании остеопатии // Российский остеопатический журнал. 2021. № 2 (53). С. 98–115.
4. Тарасова Г. Н., Бычков А. А., Смирнова Е. А. [и др.] Применение симуляционных технологий обучения в медицинском образовании: настоящее и будущее // Виртуальные технологии в медицине. 2021. № 3 (29). С. 166.
5. Davies E., Montagu A., Brazil V. Recommendations for embedding simulation in health services // Adv Simul (Lond). 2023, Oct. 6. No. 8 (1). P. 23. DOI: 10.1186/s41077-023-00262-3.
6. Deng Z., Xiang N., Pan J. State of the Art in Immersive Interactive Technologies for Surgery Simulation: A Review and Prospective // Bioengineering (Basel). 2023, Nov. 23. No. 10 (12). P. 1346. DOI: 10.3390/bioengineering10121346.
7. Du W., Zhong X., Jia Y., Jiang R., Yang H., Ye Z., Zong Z. A Novel Scenario-Based, Mixed-Reality Platform for Training Nontechnical Skills of Battlefield First Aid: Prospective Interventional Study // JMIR Serious Games. 2022, Dec. 6. No. 10 (4). e40727. DOI: 10.2196/40727.
8. Kanschik D., Bruno R. R., Wolff G., Kelm M., Jung C. Virtual and augmented reality in intensive care medicine: a systematic review // Ann Intensive Care. 2023, Sep. 11. No. 13 (1). 81. DOI: 10.1186/s13613-023-01176-z.
9. Minors A. M., Yusaf T. C., Bentley S. K., Grueso D., Campbell-Taylor K., Harford M., Mehri S., Williams L. J., Bajaj K. Enhancing Safety of a System-Wide In Situ Simulation Program Using No-Go Considerations // Simulation in Healthcare. 2023, Aug. No. 18(4). 226–231. DOI:10.1097/SIH.0000000000000711.
10. Trawber R. A. H., Sweetman G. M., Proctor L. R. Improving Simulation Accessibility in a Hospital Setting: Implementing a Simulation Consultation Service // Simul Healthc. 2021, Aug. No. 16 (4). 261–267. DOI: 10.1097/SIH.0000000000000497.
11. Wu Q., Wang Y., Lu L., Chen Y., Long H., Wang J. Virtual Simulation in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review of Recent Practice // Front Med (Lausanne). 2022, Mar. 30. No. 9. 855403. DOI: 10.3389/fmed.2022.855403.